

Készült a szegedi M. Kir. Ferencz József-Tudományegyetem Általános
Állattani és Összehasonlító Anatómiai Intézetében.
Igazgató: Professor Dr. GELEI JÓZSEF.

A csavart-utánzó Ciliata-alkat biológiai jelentősége.

Irta: PÁRDU CZ BÉLA (Szeged).

Bevezetés.

A csavar-alkatú Csillósok jó részét már a protistológiai kutatások őskorából ismerjük. Már az első hírneves véglénybúvások (BÜTSCHLI, SCHEWIAKOFF, DUJARDIN, ROUX stb.) említést tesznek néhány olyan véglényről, amely testének felületi csavarmenetes mintázata, vagy pedig magának a testnek megcsavarodása következtében valósággal fűröt utánóz. Különösebb érdeklődéssel mégis csak újabban, a vízben élő mikroorganizmusok különleges helyváltoztatási módjának felderítése után fordultak a kutatók ezen sajátos alkatú lények felé. A közelebbi vizsgálatok során kiderült, hogy ez a különleges symmetria-typus a véglények világában nemcsak a testfelszín vagy testalkatot módosító árkok, bordák és pellikuláris tarajok formájában jelentkezik, hanem rányomja bélyegét az egész véglényszervezetre (GELEI, 1935).

A természet kifogyhatatlan formáló erejét csodáljuk önkénytelen ezekben az állatokban, de azok egyben gondolkodásra is készítenek bennünket. Széleskörű elterjedésüket tekintve valószínűtlennek kell tartanunk ugyanis, hogy ennek az anyag-és formapazarlásnak mélyebb értelme és jelentősége ne volna, hogy tehát ezek a sokszor a bizarrságig különleges formák egyszerűen a vélelennel, a természet szeszélyes játékának lennének a szülöttei. Nem csoda tehát, hogy — különösen a legszembetűnőbb, a testfelületi csavarmenetes mintázatokkal kap-

csolatban — már korán felvetődött a kérdés: miért képződött ki a Csillósok ősi, símára gyalult tojás vagy orsóformája helyébe ez az egész állatvilágban egyedülálló alkattypus, miféle előnyt jelent a szervezet egészére, tehát mi annak biológiai jelentősége?

Megnyugtató választ adni erre a kérdésre sokkal nehezebb, mint ahogy azt első pillanatban gondolhatnók. Míg a csavarmenetes alkati bélyegeknél tanulmányozását rögzített vagy akár festett állatokon is kényelmesen elvégezhetjük, a felvetett probléma megoldása, mai technikai és optikai felszerelésünk mellett is, csaknem leküzdhetetlen nehézségekbe ütközik. A kutató kezét többszörösen is megköteli az a körülmény, hogy neki itt mikroszkopikus kicsinységű, emellett azonban rendkívül eleven mozgású lényeket, azok életjelenségeit kell természetes környezetükben és pedig élve megfigyelnie. Tehát az észlelőnek erős nagyítás alkalmazása mellett nagy látóteret és mélységélességet, továbbá az állat alsó és felső testfelületének biztos megkülönböztetését kell egyidőben biztosítani. Nem szólva a sok tekintetben még ma is igen hiányos alkat- és élettani ismereteinkről, a felvetett probléma végérvényes tisztázását rendkívül megnehezíti az a körülmény is, hogy bizonyos alkati bélyegek élettani jelentőségének megítélésénél a véglényszervezetek egyszerre több, egymással többszörösen összeszővődő és érdekeikkel sok esetben homlokegyenest ellenkező életmegnyilvánulását kell figyelembe venni és jelentőségük szerint értékelni.

Csavarmenetes mozgás — csavarmenetes külalak.

A mikroorganizmusok csavart-utánzó alkatát kezdettől fogva egy fiziológiai tényezővel, a csavarmenetes mozgásformával hozták természetszerűleg okozati összefüggésbe. JENNINGS, ALVERDES, BULLINGTON, GELEI és LUDWIG nagyjelentőségű vizsgálatai óta a csavarmenetes mozgáspályának létrejötté és jelentősége már tisztán áll előttünk. Ez a sajátos és jellemző mozgásforma a mikroszkopikus méretű szervezetek csillós-lény minivoltával kapcsolatos. Egyetlen ciliatáról, még a tojásformát legpontosabban utánzó prostomiásokról sem képzelhető el, hogy testfelületükön minden oldalon teljesen egyenletes és homogén a csillózat eloszlása. A mozgásszervek működéséből adódó

hajtóerő ennek következtében nem taszíthatja előre egyenes irányban az állatot, hanem azok, egyszerű translatorikus mozgás esetén, állandóan egy kisebb-nagyobb körpálya betartására kényszerülnének, az előre haladás tehát az esetben úgyszólván lehetetlenné válnék. A test hossz tengelye körüli egyidejű pergésének már most az a jelentősége, hogy a tengelyiránytól való eltérés egyenlő mértékben eloszlik a tér minden irányában s a különben esetleg zárt körpályából csavarmentes, előrehaladó mozgásforma jön létre. A fúró mozgásnak a translatorikus mozgással szemben tehát az a nagy előnye, hogy a véglényszerűzet annak segítségével *automatikusan* képes az egyenes irány betartására, a helyből való továbbjutás tehát minden különleges kormányzó készülék ill. a csillómunka aszimmetrikus szabályozása nélkül is megvalósul.

A fúró-alkat és a megfelelő helyváltoztatásmód között okozati kapcsolatot tételezhetnénk fel elsősorban abban a formában, hogy a voltaképen egyszerű toló mozgással előrehaladó állat a felületi csavarmentes bordázat vagy tarajozottság révén kényszerül a számára, amint láttuk, hasznos és célszerű csavarmentes pálya betartására. Ez a feltevés azonban hamarosan megdőlt a csillómozgás mechanikájának és a fúró-forgó mozgás törvényszerűségeinek kutatása közben. Kiderült ugyanis, hogy a hossz tengely körüli pergés kizárólagos oka az aktív csillócsapás síkjának a tengelyhez való viszonyától függ. Az állat azért halad jobbra forogva előre, mivel csillói rézsútos hullámokban balra csapnak hátrafelé, viszont ha balra sodor, akkor csillóival rézsút jobbra csapkod hátrafelé. Ehhez járul még ezenfelül az a körülmény is, hogy az egyes csillók visszahúzó-dása a súrlódás csökkentése érdekében nem a csapás síkjában, hanem oldalt erősen elhajolva s csaknem egész hosszában a testfelülethez simulva következik be (GELEI, 1926). A csavarmentes mozgás tehát eszerint elsődlegesen semmiféle testfelületi struktúrához nincs kötve, aminek legjobb bizonyítéka az a körülmény, hogy a felületi csavarmentes rögzítettségével szemben a pálya lejtése, sőt a pergés iránya is tág határok között változik, másrészt, hogy a síma tojással teljesen egyező alkatú prostomiás véglények is kivétel nélkül csavarmentes pályán mozognak. Kétségtelen tehát, hogy a csavarmentes mozgás, mint a vízben élő mikro-

organismusok szempontjából legtermészetesebb helyváltoztatási mód, valamennyi csavarmenetes struktúra kiképződése előtt már megvolt a fúró alkat, amennyiben az a helyváltoztatással egyáltalában kapcsolatba hozható, csak utólag, másodlagosan, a különleges mozgásformához való alkalmazkodás eredményeként képződhetett ki.

„Mozgásstabilizátorok“.

A különösen fejlett testfelületi pellikuláris tarajok esetében szó lehet esetleg arról, hogy azok megkönnyítik egy bizonyos adott pálya betartását. Ez esetben azonban nem látjuk be, mi haszna lehet valamely véglényszervezetnek mozgása ilyen-szerű megkötöttségéből, s ha mégis szükség volna erre, miért kellett néhány Csillóson külön tarajokat kifejleszteni erre a célra, mikor a csillóhullámok sebessége s a hossz tengelyhez való dőlése, tehát a helyváltoztatás közben leírt pálya lejtése és iránya, a megfigyelések tanúsága szerint, síma, orsóformájú állaton is tetszés szerint szabályozható és rögzíthető. Ezekhez a megfontolásokhoz hozzátehetjük mindjárt azt a tapasztalati ténytet, hogy az egyoldalú csavarmenetes alkattal bíró Csillósok jórészeről már az eddigi megfigyelések során is kiderült, hogy azok „mozgásstabilizátoraikat“ nem mindig respektálják, hogy tehát a szervezet azok megléte mellett és ellenére is forgásirányát és helyváltoztatásmódját gyakorta és rendszeresen változtatja.

Ludwig-féle theoria.

A fúró-alkat kiképződésének és jelentőségének magyarázataként első tekintetre jóval tetszetősebbnek és elfogadhatóbbnak látszik az az elgondolás, amely szerint a véglénytestet a közegellenállás csökkentése, tehát a helyváltoztatás megkönnyítése érdekében idomult lassanként ehhez a mozgásformához. A gondolatmenet, amelyre az elmélet támaszkodik a következő (LUDWIG, 1932): mivel a mikroszkopikus méretű szervezetek számára a víz sűrűnfolyós, erősen viscosus folyadékot jelent, feltehető, hogy a csavarmenetes mozgásnak közvetlen

formáló hatása van a sejttestre. A súrlódásnak, ellenállásnak leginkább kitett testtájak fokozatosan „lecsiszolódnak“, a sejttest tehát formálódik mindaddig, míg azt az alakot fel nem veszi, amely az alkalmazkodási képesség határain belül, adott körülmények között (a csavarpálya görbületi sugara és lejtése) optimális: tehát a legkisebb közegellenállásnak van kitéve. Az elmélet szerint tehát — s ezt a későbbiek szempontjából már itt hangsúlyozottan ki kell emelnünk, — bármely csavarmenetes pályán úszó lény testfelületén jelentkező spirális lefutású árok, taraj, ormó, stb., csakis a forgás irányával egyértelműen, s azzal egyidejűleg képződhetett ki, ami annyit jelent, hogy minden balracsavarodó testfelületi struktúra egy jobbról balra minden jobb-bal irányítottságú csavarmenet pedig egy balról jobbra csavarodó helyváltóztatási módra vezethető vissza.

Az elgondolás így első tekintetre tagadhatatlanul tetszetős és kellően megalapozottnak is látszik, s a biológus szemével nézve legfeljebb csak az a gyengéje, hogy egyoldalúan, tisztán fizikai és mechanikai szemszögből tekintve igyekszik megoldani a Csillósok fiziológiai alkatproblémáját. Az elmélet ugyanis figyelmen kívül hagyja azt a nem épen lényegtelen körülményt, hogy a Csillósok esetében nem holt tárgyakról, még csak nem is helyüket változtató gépezetekről van szó, hanem élő lényekről. Már pedig a közegellenállás legyőzéséhez idomult „áramvonalas“ alkatnak csak abban az esetben volna értelme, ha rendeltetésük kimerülne abban, hogy maximális sebességgel, de egyben a legkevesebb energia kifejtéssel száguldozzanak a víztérben! A valóság azonban az, hogy a szervezet mozgásképesége — a sessilis lények nagy száma igazolja ezt a legszebben — egyáltalában nem életbevágó fontosságú és pótolhatatlan életmegnyilvánulás. Ilyen körülmények között nagyon is kérdéses: indokolt-e a *hydrotypicus* szabályos könnyecseppforma (GELEI, 1928) kialakításán túlmenőleg a helyváltóztatás érdekében további alkatmódosulás, — még abban az esetben is, ha az ilyen csavart utánzó testalkat a közegellenállás legyőzése szempontjából tényleg kedvezőbb is volna a szabályos orsóformánál. Még a víztér örökös vándorainak, az ideális pelagikus életmódot folytató Csillósoknak esetében sem öncél a helyváltóztatás, hanem az itt is első

sorban a táplálék megkeresése és felvétele érdekében történik. Ha azonban a táplálkozás a helyváltoztatás közben megy végbe, nyilvánvaló, hogy az állat alkatának egyszerre legalább két fő életmegnyilvánulás szempontjából kell célszerűnek lennie. Külön megvizsgálandó kérdés azonban az, hogy vajon a táplálékfelvétel és a helyváltoztatás érdeke minden esetben összeegyeztethető, összhangba hozható-e egymással?

Nézzük azonban ezektől függetlenül kissé közelebbről mai alkat és élettani ismereteink birtokában mennyire állja meg a helyét LUDWIG érvelése.

Előljáróban mindjárt meg kell állapítanunk azt a fontos tényt, hogy a szerző megfigyeléseit főként a közönséges ázalék-állatkán, a Paraméciumon végezte s az itt levont végső következtetéseit általánosította apodiktikus formában valamennyi csillós véglényre. Ha azonban mi a Csillósok világában élénk tároló változatos formákon végigtekintünk s egyenként tanulmányozzuk őket, föltétlenül arra a meggyőződésre kell jutnunk, hogy a csavarmenetes alkattypus jelentőségét semmi körülmények között sem lehet egyetlen, általános érvényű magyarázattal elintéznünk. Élettani rendeltetésük szempontjából különleges elbírálás alá kell, hogy kerüljenek azok a formák, amelyeken a fúró alkat az egész test alkalmi aktív megcsavarodásában nyilvánul, de különbséget kell tennünk a testet teljesen behálózó csavarmenetes bordázat és a testnek csak egy bizonyos szakaszára szorítkozó felületi csavarmenetek között is.

Aktive csavart test.

A Csillósoknak egész testükben csavarodott csoportjában kétségtelenül helytálló LUDWIG érvelése. A vizsgálatok ugyanis azt mutatják, hogy főként az aljzaton csúszó-mászó életmód következtében egyik melléktengelyük szerint összenyomott és ellaposodott testű alakok tartoznak ebbe a kategóriába. Mármost ezek az állatok is felkerekednek időnként az aljzatról s a szabad víztérben változtatják helyüket. A tengelyirány betartása a has, ill. az egyik oldal csillófelszerelésének túlsúlya következtében itt is csak úgy biztosítható, ha a translatorikus mozgásuk mellett fúró mozgást is végeznek, tehát végered-

ményben, ha csavarmenetes pályát írnak le. A lemezszerűen összenyomott és esetleg egysíkban kiterjedő testnek hossz tengely körüli pergése azonban csak igen nagy energiapazarlással valósítható meg. Ebben az esetben tehát mindenképen hasznos és helyénvaló volna, ha a test a mozgáspályának megfelelően megcsavarodnék: ez esetben ugyanis a test csakis az élével vágja a vizet, a súrlódó, a közegellenállásnak kitett testfelület tehát jelentékenyen megfogyatkozik. S valóban a feltűnően ellaposodott testű véglények túlnyomó többsége, így a Loxophyllumok, Lionotusok, Dileptusok, Trachelophyllumok, Bryophyllumok, továbbá egyes Hypotrichus-félék is — rendszerint csak ideiglenesen pelagikus mozgásuk idejére, néha azonban állandósult formában (Bryophyllumok hátsó testvége, Loxodesek mellső testfele) többé-kevésbé csavart utánzó alkatot vesznek fel. (GELEI 1934.)

Tarajalkat.

A felsorolt állatokkal azonban egyúttal ki is merítettük azokat a formákat, ahol a csavaralkat fellépte és a gyakorolt mozgásforma között — legalább is az elmélet értelmében — összefüggést kereshetnénk.

Ha ugyanis az elmélet helyes, akkor joggal elvárhatnók azt, hogy legalább a pelagikus életmódot folytató Csillósok között általánosan el legyen terjedve a fúró utánzó testforma. Már pedig a valóság az, hogy az egész testre kiterjeszkedő tarajalkattal a Ciliátáknak csak egy igen kicsiny, az eddig kiderített fajtaszámnak 1%-át is alig megközelítő töredékében (lásd pl. a Dactylochlamysokat) találkozunk. Fontos a mi szempontunkból az is, hogy ezeknek az igazi csavart-utánzó formáknak az elterjedésében semmi törvényszerűséget sem tudunk megállapítani. Egyaránt képviselve van ez az alkattypus a Ragadozók és Örvénylők között, de gyakori eset az is, hogy valamely nemzetséghez vagy családhoz beosztott nagyszámú faj közül csak alig egy kettőn ismerhető fel a testfelületi csavarmeneteség (pl. 32 Cyclidium-fajból csak 2, a *C. obliquus* és a *spirale* csavarmenetes). Fontos már most az, hogy ugyanakkor a különleges alkattal kapcsolatban életmód és mozgásforma szempontjából észrevehető különbséget nem tudunk megállapítani.

De kétkedéssel kell fogadnunk minden ilyen magyarázatot azért is, mivel a felületi csavarmenet csak a legritkább esetben jelentkezik a test szintjéből jelentékenyen kiemelkedő bordázat vagy tarajozottság formájában. A csavarmeneteség a testfelületi sculpturában rendszerint fel sem ismerhető, hanem csak a csillósorok csavaros lefutásában nyilvánul. Ilyenkor azonban dinamikai „fúróalkat”-ról egyáltalában nem beszélhetünk.

Különös jelentőségük van fejtegetéseink szempontjából azoknak a formáknak, amelyeken a morphologiai csavarmenetek olyan szélsőséges formában jelentkeznek, hogy pl. egyetlen borda, taraj vagy csillósor többszörös kanyarulattal, szoros menetekben övezi körül a testet. (Sciadostoma, Perispira stb.). Itt valóban a gyakorolt mozgáspályával összehasonlítva a csavarmenetek lejtése annyira meredek, hogy az elmélet értelmében a szervezet azoknak hasznát nyilvánvalóan nem láthatja.

A fentebbi rostálás után még megmaradó néhány formát azonban már igen bajos bármely általános érvényűnek kimondott törvényszerűség igazolására felhasználni, még akkor is, ha ezek testének beállítottsága helyváltóztatás közben meg is felelne az elmélet megkívánta követelményeknek. Fejtegetéseink betetőzéseként azonban mindjárt meg is állapíthatjuk azt, hogy az elmélet ezen utolsó, velejében igazán gyenge támasztékra sem hivatkozhat. A kiterjedt, ma már csaknem valamennyi véglénycsoportot felölelő rendszeres vizsgálatok eredményeként kiderült ugyanis, hogy csak igen kis százalékban felel meg a test csavarmenetes görbületének a pergés, a mozgáspálya irányítottsága. Érdekes már most, hogy épen azok a lapos testű, aljazaton mászkáló lények tartoznak ebbe a kategóriába, amelyeknél a test csavarszerű meggömbülésének hasznát és mozgásmechanikai jogosultságát fentebb megállapítottuk. Minden más esetben azt látjuk, hogy a stabilisan fúró alkatú Csillósok jobbra és balra is egyaránt forognak.

De az elmélet tarthatatlansága derül ki az esetben is, ha tisztán az elméleti fizika és mechanika megfelelő törvényei alapján vizsgáljuk meg a kérdést. Most is az derül ki, hogy a test tarajozottságában megnyilvánuló fúró alkat semmivel sem lehet kedvezőbb dinamikai forma a símára gyalult tojásnál. A

közegellenállás, — amint azt a fizikából tudjuk — a sebességnek és a mozgó test keresztmetszetének, helyesebben a súrlódó testfelület nagyságának a függvénye (REYNOLDS-féle tétel). Világos tehát, hogy nyílegyenesen, pergés nélkül haladó testek esetében azonos testméret mellett az átmetszetében szabályos kört formálónak előnyösebb a helyzete. Mármint, ha felteszszük, hogy általános testfelszínként megmarad a szabályos tojás- vagy orsóforma, de ebből hosszanti lefutású szárnyak, tarajok emelkednek ki minden oldalon, nyilvánvaló, hogy ezzel a helyváltztatás a közegellenállás szempontjából mitsem nyert, ellenkezőleg, csak a súrlódó felület növekedett meg fölöslegesen. Ugyanez a tétel áll azonban az esetben is, ha nem translatorikus, hanem fúró mozgásról s ennek pontosan megfelelő morfológiai csavarmenetekről van szó. A Csillósok esetében már most csak annyiban különleges a helyzet, hogy itt a test nem egyenesvonalú fúró mozgást végez, hanem annak hosszanti tengelye csavarpályát ír le, tehát az állat egy kisebb-nagyobb sugarú hengerfelületen mozog. Ha az állat egész testével bennefekszik mozgás közben a csavarpályában, a vízáram ez esetben is pontosan szemben találja az állatot, a Reynolds-féle képlet változatlanul érvényben marad. Érthető ezek után az, hogy a fürgeségükről közismert Csillósok, miként a Didinium-, Cyclidium-, Cristigera-, Halteria- és Ophryoglena-félék stb. testfelületét semminemű csavarulatos bevágás vagy ormó nem módosítja, hanem alkatuk leginkább megközelíti a símára gyalult szabályos, esetenként éppenséggel zömök orsóformát. A nagyobb sebességet minden esetben nem alkatmódosulás, hanem tökéletesebb mozgásszervek kiképzésével éri el a véglényszervezet.

Az elmondottakból nyilvánvaló, hogy mi a Csillósok csavarmenetes tarajozottságában a mozgásforma dinamikai feltételeihez való alkalmazkodást semmi szín alatt sem láthatunk, ezek fiziológiai jelentőségét és rendeltetését más irányban kell tehát keresnünk.

Két tény áll rendelkezésünkre, amelyekre következtetéseinkkel támaszkodhatunk. Egyfelől tudjuk azt, hogy a pellikulának egyik igen jelentős, talán éppen legfontosabb hivatása

az alakmegszabás, a jellemző testforma biztosítása. Másrészt; a tarajozottság ennek a merevítő hártjának a redősödését jelenti, amihez — a metszetek tanúsága szerint — annak egyúttal rendszerint lokális megvastagodása is járul. A tarajok, bordák fellépése tehát a merevítő, támasztó anyag meggyarapodásával jelent egyet. A pellikuláris mintázatnak még semmi nyomát nem mutató formáktól, pl. a *Nassula*-féléktől egyes *Hypotrichus*ok rendkívül fejlett hosszanti bordázottságig vezető átmeneti fokozatok rendjén tehát tulajdonképpen a támasztás nagyjelentőségű feladatának egyre tökéletesebb megoldása következik be.

A bordák és tarajok élettani rendeltetése ezek szerint világos: a bordázat nem egyéb, mint a testnek támasztó, szilárdító rendszere, a különleges, ektoplasmatikus eredésű támasztó rostok mellett a véglényszervezetnek a pellikula által kitermelt felületi statikai-mechanikai elemei. Fellépésük tehát nem igényel mozgásmechanikai magyarázatot, amely egyébként esetünkben, amint láttuk csődöt is mond, már csak azért is, mert a bordázat még a pelagikus természetű, tehát rendszeresen csavarmenetes pályán száguldozó Csillósokon is túlnyomórészt hosszanti irányítottságú. Viszont itt meg az szorul külön magyarázatra, hogy bizonyos kivételes esetekben a bordák miért változtatták meg elsődleges, a sokoldalú helyváltoztatásmód szempontjából is aránylag legkedvezőbb indifferens lefutásukat? Másszóval fel kell vetnünk itt is a kérdést: a bordázat alakmegszabó jelentőségének elismerésével a csavarmenetes változatok szórványos és rendszertelen előfordulása kielégítő magyarázatot nyer-e?

Hangsúlyoznunk kell elsősorban azt, hogy a támasztás szükséglete nem egyenlő mértékben áll fenn minden Csillósrá nézve, hanem ebből a szempontból egy-egy nagyobb rendszertani kategórián belül faji különbségek igenis feltételezhetők. A Csillósok világában rendszertelenül jelentkező felületi mintázat — amely tény a mozgásmechanikai elmélet egyik legnagyobb gyengéje — elgondolásunk szempontjából nehézséget nem jelent; ellenkezően azt épenséggel támogatja. A tághatárok között ingadozó testméret, a plasma különböző tömött-

sége, szívóssága, magának a pellikulának konzisztenciája, támasztást különböző mértékben igénylő mozgató- (csilló-cirrus-ugró-sörte) vagy örvénykeltőszervek (hullámozó hártya, membranel-la-koszorú) stb. szempontjából még az ugyanazon nemzetségbe beosztott fajok között is nagy lehet az eltérés: tehát különböző mértékben vannak rászorulva a támasztó rendszerre. A bordáknak hosszanti irányítottságuktól való eltérése viszont kétségtelenül funkciótökéletesbülést jelent. Hozzáfűzhetjük mindjárt azt is, hogy szabott csillósorközt (a csillósorok száma rendszerint örökletes, s így egy-egy nemzedéksorozatra jellemző) s így bordaszámot tételezve föl, a tökéletesbülésnek egyben legcélszerűbb módja is, — ha meggondoljuk azt, hogy éppen a közegellenállás miatt a tarajok egy bizonyos határon túl nem fejleszthetők. A csavarmentes bordázat a támasztás szempontjából előnyösebb a meridionális lefutásúnál egyrészt azért, mert azonos számú borda esetén is sűrűbb hálózatot képezhet a testfelületen: változatlan testméret mellett tehát a bordák hossza mintegy megnövekszik; másrészt azonban lefutása révén is kedvezőbb az ilyen borda, mivel többszörös menetben abroncs-szerűen övezvén körül a testet főként a külső, de a belső (elnyelt nagytestű zsákmány!) deformáló hatásokkal szemben is annak összetartását, stabilitását fokozottabb mértékben tudja szolgálni. Hasonló elv alapján alkalmaz a magasabbrendű növényi szervezet vízszállító edényeinek megerősítésére spirális sejt-falvastagodást, de ugyanilyen lefutású valamennyi Ízeltlábú légcsöveit, tracheáit kifeszítő, azok tartását biztosító chitin váz is. Figyelembe kell vennünk azonban, hogy ha a térfelületi csavarmentes bordázat, ill. tarajozottság a helyváltóztatás módtól eredendően teljesen függetlenül lépett is fel, ez még nem jelenti azt, hogy a morphologiai csavarmentes lejtés és irányítottság szempontjából bizonyos mértékig ne igazodjanak a gyakoribb mozgásformához és forgásirányhoz!

Nem állhatja meg tehát a helyét LUDWIGNAK hangsúlyozottan kiemelt tétele, amely szerint a Csillósokon csakis a csavarmentes mozgás adhat indítékot bármely csavarmentes struktúra fellépéséhez; csavarmentes elrendeződés és lefutás léphet fel, amint láttuk, statikai-mechanikai elvek hatására is. De ugyanilyen elbírálás alá esik pl. a Spirotricháknak és Peritrichus-

féléknek csavarmentes lefutású izomszalagja is, amelyet szintén nem hozhatunk a helyváltóztatásmóddal okozati összefüggésbe. A pellikula belső felületére spirális menetben van felerősítve az izomrost egyszerűen azért, mert azok működési effec-tusa leghatékonyabban így biztosítható. Hosszanti, centrális vagy periferikus lefutásukat tételezve fel, a test ill. a nyél egész tömegével ellentállana az összehúzódásnak, így azonban maga a test és nyél is, mint valami tömlő spirálisan megcsavarodik, a kinyújtózott és összerándult állat hossza között tehát a lehető legnagyobb a különbség.

Lokális csavarmentesek (örvényszervek, praestomalis teknők).

Vizsgáljuk meg azonban, mennyiben kedvezőbbek az elméletre a lokális csavarmentes képződmények, amelyekről már itt hangsúlyoznunk kell, hogy nem a testfelületnek tetszőleges tájékán, hanem kivétel nélkül a szájnylással kapcsolatban, a szájrészhez vezető örvényszerv vagy peristomális teknő formájában lépnek fel. Gyakoriságukra vonatkozólag egyfelől megállapíthatjuk azt, hogy a csavarmentes formaváltozatoknak körülbelül 90%-a esik erre a típusra, másrészt ilyen lokalizáltan fellépő csavarmenettel a Ciliata fajoknak több, mint háromnegyed részében, valamilyen formában rendszeresen találkozunk. A magasabbrendű Csillósokat, a Hetero-, Hypo- és Oligotrichusokat, továbbá a Ctenostomatákat egybefoglaló Spirotricha-ordó elnevezése egyenesen a spirális lefutású örvényszervre vonatkozik. De az újabb rendszerezés (KAHL, 1934) szerint, külön ördökként szereplő Peri- és Chonotricha csoport, az örvényszerv csavarosan görbült lefutását illetően nem különbözik semmiben sem a Spirotricháktól. Csavarmentes lefutású örvényszervük van továbbá a holotrichusok közül a legtöbb Trichostomatának és valamennyi Hymenostomatának, sőt a ragadozók csoportjába tartozó Pro-, Hypo- és Pleurostomaták között is meglehetősen elterjedt az olyan szájtípus, amely csavarmentesen kihúzott; más esetben pedig csavarmentes lefutásban vezetnek a szájhoz olyan synciliáris vagy pellikuláris képződmények, amelyekről tudjuk, hogy valamilyen formában a táplálékfelvételnél segídeknek.

Az idetartozó formák közül különösen a Paramécium érde-

kel bennünket, mert hiszen ennek az állatnak tanulmányozásából vonta le LUDWIG is valamennyi örvényszerves Csillósra általánosított következtetéseit.

Először JENNINGS mutatott rá arra, hogy a Paramécium helyváltoztatása közben, mellső és hátsó testvégével egyidőben, voltaképen kettős csavarmentet ír le, mivel az állat hossztengele a csavarpálya tengelyével előre felé tekintőleg egy bizonyos állandó szöget zár be. Ebben a kivételes esetben az úszó test számára már nem a könnyecsepp vagy orsó-alkat az elképzelhető legkedvezőbb dinamikai forma. Az állat most már nemcsak az apikális testvéggel, hanem többé-kevésbé valamelyik oldalával is rákényszerül a víz hasítására, a minimális körmet-szet helyett tehát egy megnyúlt s csavarmentesen meggömbült ellipsis határolja azt a testfelületi szakaszt, amelynek a közegellenállással meg kell birkóznia. Az állat előrehaladását itt már természetesen nagyon megkönnyítené, ha az ütközőként szereplő domború, széles testfelület helyett, egy megfelelően gömbült, éles tarajnak kellene csak a vízrészecskéket összetartó erőt legyőznie. Már pedig a peristomális csatorna a mozgáspályának pontosan megfelelő csavarmentes bevágódása révén ez az előnyös helyzet valósul meg: a Paramécium — j o b b r a c s a v a r o d ó m o z g á s a e s e t é n — a teknő jobboldali éles peremével vághatja a vizet.

Ezzel a megállapítással azonban még nem kaptunk valamennyi csavarmentes lefutású örvényszerv kialakulására nézve magyarázatot. Tudnunk kell ugyanis, hogy az örvénylők száj-környéke meglehetősen ritkán képződik ki a Paraméciumnál a testbe lesüllyesztett praestomális teknő mintájára, helyette inkább külső táplálékfelfogó, ill. örvényteltő szervekkel, membranella-koszorúkkal, vagy hullámozó hárttyákkal találkozunk. Ezeknek lefutása azonban pontosan megfelel a Paramécium praestomiumának. A kétféle tápláléksodró képződmény viszont az elmélet szempontjából lényegesen különböző elbírálás alá esik. Még ha a Paramécium praestomális teknőjének kiképződésében minden kétséget kizárólag ki is tudnók mutatni az elsődleges mozgásmechanikai indítékot, teljesen lehetetlen volna akkor is ezt a megállapítást valamennyi örvénylő Csillósra általánosítanunk, ahogyan azt LUDWIG minden további nélkül megteszi. Könnyű belátni, hogy az u. n. külső örvényszerveknek, te-

hát a Spirotrichák adorális zónájának, a Peritrichusok csavarmentes csillózsínórjának, továbbá a holotrichus Hymenostomata parorális szájvitorlájának lefutása bármennyire egyértelmű is a helyváltoztatás csavarmentes pályájával, azoknak a Paramécium teknőjével azonos mozgásmechanikai szerepet még sem lehet tulajdonítanunk. A helyváltoztatás megkönnyítése szempontjából ezeknek az örvényszerveknek egyetlen változata sem jelent nyilvánvalóan semmiféle előnyt a szervezet számára, ellenkezőleg, bármilyen legyen is a mozgáspályához viszonyított helyzetük, minden esetben csak a súrlódó felületet növelik, a közegellenállást fokozzák jelentékeny mértékben. De még a Paraméciumra vonatkozólag sem tudjuk minden további nélkül elfogadni a Ludwig-féle elméletből szükségszerűen folyó végső következtetést, amely szerint a fúró alkat létrehozásában egyedül felelős praestomális teknő, a helyváltoztatás érdekében képződött volna ki. Ez a szájhoz vezető csavarmentes lefutású csatorna bajosan tekinthető egyszerűen a súrlódás csökkentése kedvéért a szabályos ovális testből legyalult plasmatömeg negatívumának, hiszen azt a testfelület egyéb tájaitól elütő olyan különleges felszerelés jellemzi, amit csak különleges, a táplálékfelvétellel kapcsolatos élettani szerepével tudunk megmagyarázni. Sajátlagosan a táplálékfelvétel és sodrás érdekében kikülönödött képződménynek kell tekintenünk már csak azért is, mivel táplálkozásmechanikailag megokolható fokozatos kialakulását a Hymenostomata-formasorozat rendjén szépen nyomon követhetjük (PÁRDUCZ, 1935—1936). Meggyőződésünket teljes mértékben alátámasztják azok az élettani megfigyelések, amelyek révén bebizonyosodott, hogy az örvényszerves Csillósok testének beállítottsága helyváltoztatás közben épséggel nem felel meg az elmélet megkívánta követelményeknek.

Ha már az előbbi kategóriában tárgyalt tarajalkatú Csillósokról azt láttuk, hogy a megrögzült csavarforma ellenére a forgásirány nem megszabott, itt az örvényszervek esetében egyenesen azt kell megállapítanunk, hogy a praestomális teknő, vagy örvényszerv lefutásában megnyilvánuló morfológiai csavarmentet, az állat helyváltoztatása közben rendszerint következetesen keresztben áll a csavarpályára. Az a furcsa helyzet áll tehát elő, hogy pl. a Paramécium a különleges helyváltoztatásmódhoz idomult dinamikai formát, részleges fúróalkatot vett

ugyan fel a fokozatos fejlődés rendjén, viszont előrehaladása közben túlnyomórészt mégis a csavarmenettel épen ellenkező, tehát a közegellenállás szempontjából a lehető legkedvezőtlenebb irányban, vagyis túlnyomórészt balra forog. Ezzel a ténynyel kapcsolatos az, hogy az örvénylő Csillósoknak a mozgása, amennyiben azok az aljatról felkerekednek, a ragadozókéhoz viszonyítva általában feltűnően lomha és lassú.

Különösen fontos azonban ez a megállapítás abból a szempontból, hogy ennek alapján a Paramécium különleges tengelytartásának egyszerű magyarázatát tudjuk adni, s ezzel kapcsolatban a fúró alkatának dynamikai jelentőségét is egészen más megvilágításban látjuk.

Ha figyelembe vesszük egyrészt azt, hogy az állat hasoldala állandóan befelé tekint, másrészt meg a teknő az állatnak a csavarulatával ellentétes forgása következtében egész terjedelmében és szélességében ütközik a viszonylag szembeáramló víztömegnek, a víznyomásnak természetszerűleg el kell taszítania a test mellső végét a csavarpálya tengelyétől. Ha azonban ez a tengelytartás a már kikülöndött *praestomium*-nak, mint ütközőfelületnek hatására vezethető vissza, akkor fentebbi okoskodásunk, amelynek alapján a Paraméciumon megnyilvánuló fúró-alkatnak kivételesen dynamikai jelentőséget tulajdoníthattunk, támaszát veszítette. Ezek után joggal feltehető, hogy a többi Csillóshoz hasonlóan eredendően a Paramécium is tisztán csak a mellső testvégével hasította a vizet, tehát mozgásmechanikai szempontból a fúró alkatnak jelentőséget itt sem tulajdoníthatunk, hiszen amint láttuk, ilyen esetben a szabályos kör keresztmetszetű orsóalkat a legelőnyösebb hydrostatikai forma.

A LUDWIG-féle theoria tehát a tarajalkat után a test egy bizonyos tájékára szorító csavarmenetes képződmények, hüllámzó hárttyák, adorális zónák és praestomális teknők kiképződését illetően is teljesen cserben hagy bennünket. Széleskörű elterjedésüket, továbbá — legalább is az Örvénylők élettani csoportjában — törvényszerű előfordulásukat figyelembe véve viszont, ha más irányban is, de valamilyen fontos élettani rendeltetésükkel föltétlenül számolnunk kell. Fellépésük módjára vonatkozó adataink kellő útbaigazítást is adnak ebből a szempontból: a szájnylással kapcsolatos megjelenésük már magában

véve világosan arra utal, hogy kiképződésük a véglényszervezet legjelentősebb életmegnyilvánulásával, a táplálékszerzéssel és felvétellel kapcsolatos valamilyen formában.

Az örvénylő-életmódnak — amint azt más helyen részletesen kifejtettem (1935) — egyenesen feltétele a hypostomia, ill. ami azzal egyet jelent, a praestomium kiképződése. Ahhoz ugyanis, hogy a táplálkozás szempontjából hasznos sodródás megindulhasson, nem elegendő egy-két csilló, hanem ahhoz egy nagyobb szakasz csillómezőre van szükség. Ennek a természet-szerűleg igényelt kisebb-nagyobb praestomális csillószakasznak a következménye az, hogy a száj a mellső testvégtől hátratulódik. Ez a praestomális, eredendően közönséges csillókkal fedett testfelületi szakasz seholsem marad meg ősi mivoltában, hanem munkateljesítményének fokozása érdekében differenciálódik, tökéletesedik két fő irányban. Egyrészt besülyedhet a szájkörnyék s a szájelőtti testfelület, úgyhgy a praestomium egy fokozatosan mélyülő teknő vagy csatorna formájában vezet a garattölcsérhez. A csillózat lényeges átalakuláson ilyenkor rendszerint nem megy át, legfeljebb minden egyes csilló külön-külön megkettőződik (Paramécium). Sokkal gyakoribb ennél az az eset, mikor a csillók összetapadásából a száj felé vezető külső örvényszerv, unduláló hártya vagy membranella-koszorú jön létre (Pleuronematida-félék, Spirotrichák stb.). Mind a praestomális teknőknek, mind a szájhoz vezető örvényszerveknek megléte tehát tisztán táplálkozásmechanikai elvek alapján is tökéletesen megindokolható. A kérdés csak az, milyen tényezőkre vezessük vissza ezeknek a képződményeknek csavarmenetes lefutását?

Nem szorul külön magyarázatra, hogy a szájelőtti testfelület, — különleges örvényszervvé való specializálódása mellett — főként méretbeli kiterjeszkedése révén végezhet a táplálkozás szempontjából tökéletesebb munkát. Innen van az, hogy az összes kistestű lényeken (Pleuronematidae, Lembidae), valamint csaknem valamennyi magasabbrendű örvénylőn a szájniylás a testen középtűt, vagy még annál is jóval hátrább található. A praestomális teknőnek vagy örvényszervnek csavarmenetben való kiképzése azonban lényegében egyet jelent a száj hátratulódásával: a testfelületnek jóval nagyobb szakasza iktatódhatik ily módon az elülső testvég és a szájniylás közé és

organizálódhatik az örvénykeltés szolgálatában. — Ha valamennyi örvénylő Csillós helytűlő életmódot folytatna, vagy pedig a pelagikus lények egyforma gyakorisággal forognának jobbra és balra, ezzel a megállapítással már megoldottnak is tekinthetnők az örvényszervek csavarmentes lefutásának problémáját. Tudjuk azonban, hogy az örvénylő Csillósok nagy része s közöttük éppen az ősi, legkezdetlegesebb formák is, önálló táplálékáramot nem keltenek, nincs is szorosabb értelemben vett örvényszervük, hanem e helyett a helyváltoztatásból adódó víz-sodrást használják fel a táplálékszerzésre. Könnyű belátni, hogy ezekre nézve nem lehet közömbös, hogy a csavarmentes lefutású praestomiumot hogyan állítsa be kedvezően a szembejövő víz-áramnak. A közegellenállás csökkentése szempontjából kétségtelenül az volna a legkedvezőbb megoldás, ha az állat az örvényszerv lefutásának megfelelően fúródna előre a vízben, hiszen a helyváltoztatás érdeke a minél kisebbfokú súrlódás, a lehetőleg síma tovasiklás biztosítása. Ez azonban azt jelentené, hogy a véglényszervezet hiába fejlesztette ki hosszú fokozatos fejlődésment során a tökéletes praestomiumot, mert azt egész terjedelmében hasznosítani nem tudja: a hátsó, nagyobbik része már csak azzal a víztömeggel jut érintkezésbe, amelyből az örvényszerv, vagy teknő elülső szakasza már kiszűrte a lebegő táplálékrészecskéket. Könnyű tehát belátni, hogy a véglényszervezet ugyanazon útszakaszon maximális vízmennyiséget az esetben szűr át, a praestomium tökéletes kihasználásának tehát az az egyetlen lehetséges módja, ha táplálkozása alkalmával örvényszervét, vagy szájteknőjét keresztbe állítja a helyváltoztatáskeltette vízárammal, vagyis ha az állat a teknő lefutásával éppen ellenkező irányban forog. Ilyenkor ugyanis az örvényszerv egész kiterjedésében állandóan új meg új, tápláléktartalma szempontjából még ki nem használt víztömegeknek ütközik. Tisztán táplálkozásmechanikai elvek alapján tehát maradék nélkül meg tudjuk magyarázni nemcsak az örvényszervek fellépését és csavarmentes lefutását, hanem az idetartozó Csillósok rendszeres, egyoldalú forgásirányát is, amely nehézséget LUDWIG csak egy újabb elmélet felállításával tudott úgy-ahogy áthidalni. LUDWIG szerint ugyanis ma a Csillósok adorális zónájának, ill. praestomiumának csavarodása nem felel meg a csavarmentes fúródás szokott irányának, ez azonban

csak egy másodlagos, a fajfejlődés során újabban bekövetkezett forgásinverziónak a következménye. Ennek figyelembevételével a helyzet tehát LUDWIG szerint az volna, hogy eredendően — a Peritrichusokat kivéve — valamennyi örvénylő Ciliátának pergési iránya az óramutató járásával egyértelmű, tehát balról jobbra tartó volt s ehhez a mozgásformához való alkalmazkodásként jött létre eredendően a peristoma és adorális zóna mai lefutása. Minél ideálisabban alkalmazkodott azonban az állat a jobbracsavarodó mozgáshoz, minél jobban lesímultak az ütközőfelületek, annál kevesebb táplálékreszecske érte az állat testfelületét, mivel, a víztömeg túlnyomó része már kihasználtan siklott végig a peristomális csatornán. Mikor ez a táplálkozás szempontjából hátrányos helyzet már túlságosan elhatalmasodott, az állat úgy segített magán, hogy egyszerűen megfordította sodródási irányát, a fúró tehát a menettel ellenkező irányban kezdett forogni. Az elmélet szerint tehát ily módon lépett volna fel a Csillósok mai jobbról balracsavarodó mozgása, s a szervezet így jutott — úgyszólván véletlenül — egy tökéletes táplálékfelfogó, ill. sodró szerv birtokába.

A LUDWIG-féle elmélet tehát ebben a kiegészített formájában már a peristomális teknőnek táplálkozásmechanikai jelentőségét is elismeri, a hangsúly azonban most is a csavarmentes mozgás közvetlen formáló hatásán nyugszik. Fentebbi fejtegetéseink során láttuk azonban, hogy pelagikus életmódot folytató Csillósok esetében a szabályos, s ím a orsóforma kialakításán túlmenően a helyváltoztatás érdekében további alkatmódosulásnak értelme nincsen, a LUDWIG-féle elmélet tehát már kiindulásában elhibázottnak tekinthető. Ennek egyik oka kétségtelenül az, hogy — amint az a gondolatmenetből világosan kivehető — nem valamennyi örvénylő Csillós, hanem most is a Paraméciumon nyert tapasztalatok általánosítása révén igyekszik megoldani a kérdést. A szerző nem szól továbbá arról, miért nem látjuk a Csillósoknál állítólag valamikor általánososan elterjedt jobbra fúró mozgást, főleg azon fajok esetében, ahol peristomális képződmény még nem alakult ki, ahol tehát a forgásinverzióra még nem volt szükség? A Frontoniákról pl. újabban kiderült, hogy a testalkat, az általános szerveződés, az életmód, főként azonban a szájszerkezet szempontjából a Paramécium-félék elődeinek tekinthetők s csak annyiban állanak

amazok mögött, hogy itt a praestomális testfelület még nem sülyedt be teknő formájában (PÁRDUCZ, 1935). Mozgásukat figyelve viszont könnyűszerrel megállapíthatjuk azt, hogy mégis a Paramécium módjára balra csavarodóan fúródnak előre. Érdekes körülmény az is, hogy a szájteknő előfutárját néhány Frontonia-fajon már ki tudjuk mutatni, amennyiben az egyebütt magánosan álló csillók a teknőnek megfelelő szájelőtti szakaszon valamennyien kettősek. Világos bizonyíték ez a tény amellett, hogy a praestomális teknő már első jelentkezésében is a tápláléksodrást és nem a helyzetváltoztatást szolgálja.

De önmagában is következtelenséget jelent az egész gondolatmenetet: ha célszerűségi okokból csavarmenetességgel ellentétes forgásirány lépett is föl, joggal kérdezhetjük, miért nem látunk most is az új forgásiránynak megfelelő közvetlen alkatmódosulást. Másszóval, ha a testforma kialakulásánál a helyváltoztatás érdeke a döntő, miért tartja fenn a Paramécium változatlanul és csökönyösen mostani, dynamikailag a lehető legkedvezőtlenebb (épen az ellenkező forgási irányhoz idomult) csavar formáját, miért nem egyenlítődnék legalább nagyjából ki a legexponáltabb helyzetű peristomális peremrészek?

Minden nehézség és ellentmondás eltűnik azonban akkor, ha mi az örvényszervek valamennyi változatát sajátlagosan a táplálékfelvétel szolgálatában létrejött képződményeknek tekintjük, amelyeknek lefutására a mozgásformának csak közvetett befolyása volt, amikor tökéletes kihasználása érdekében eleve a gyakoribb forgásiránnyal ellenkező menetben képződött ki. Ennek természetesen az a következménye, hogy amennyit a táplálkozás érdeke a súrlódó felületek növelésével ilyenformán nyert, — változatlan forgásirányt feltételezve — épen annyit veszít a helyváltoztatás. A mozgás ebben az irányban természetesen lassúbb, mint az örvényszerv vagy teknő kiképződése előtt és nagyobb energiapazarlással is jár. Nem szabad azonban megelégednünk arról, hogy a csillómunka szabályozásával a forgásirány könnyen változtatható s így — ha a gyors mozgás a fontos (menekülési reakció) — az állat egyszerűen átcsap az ellenkező forgási irányba s az örvényszerv menetének megfelelően, tehát a legkisebb közegellenállás irányában fúródva száguldozhat előre. Hogy a szóbanforgó véglényszervezetek ez-

zel a lehetőséggel tényleg élnek-e, azt az ilyenszerű megfigyelések természetében rejlő nehézségek miatt kimutatni meglehetősen nehéz feladat. Annyi azonban bizonyos, hogy az örvényszervek egyoldalú csavarodásával szemben a forgásirány gyakori megváltozását több esetben is meg tudjuk figyelni, már pedig a táplálkozás érdeke, amint láttuk, állandóan egyirányú, az örvényszerv csavarodásával ellentétes értelmű forgásirányt kívánna meg.

Összefoglalás.

A vízben csavarmentes mozgáspályán haladó test állandóan szembe kapja a viszonylag feléje áramló víztömeget, erre a helyváltoztatásmódra is változatlanul érvényes tehát, az eredendően egyszerű toló mozgással helyüket változtató testekre megállapított Reynolds-féle tétel: a közegellenállás a sebességnek és a mozgó test keresztmetszetének a függvénye. Legkisebb, tehát kör-átmetszete viszont csak a síma felszíni orsó vagy tojásformának van. A pelagikus életmódot folytató csillós szervezetek szempontjából tehát, — amint arra GELEI már régebben rámutatott (GELEI, 1927) — a símára gyalult tojás vagy könnyecseppet utánzó alkat a legkedvezőbb, az u. n. hydrodynamikus forma. Ennek kialakításán túlmenőleg a helyváltoztatás érdekében nincs értelme további alkatmódosulásnak, mert minden alkatváltozás a minimális kör átmetszetet zavarja; tehát csak a súrlódó testfelületet növeli fölöslegesen.

A fizika és mechanika törvényeiből folyó fentebbi megállapításunkat teljes mértékben igazolják a Csillósokon végzett alkat- és élettani megfigyelések:

a) Amennyiben mi a Csillósok testén a síma testfelszínt megzavaró mintázattal találkozunk, az rendszerint még a pelagikus életmódot folytató, tehát állandóan csavarmentes pályán száguldozó lényeken is a mozgáspálya szempontjából indifferens, tehát hosszanti lefutású taréjzottságban, ill. bordázottságban nyilvánul meg.

b) Ahol viszont testfelületi csavarmentességgel találkozunk, az rendszerint vagy nem annyira kifejezett, hogy a helyváltoztatásnak akár csak a stabilizálása szempontjából is figyelembe jöhetne, vagy

c) olyan szélsőséges formában jelentkezik, hogy egyetlen taréj vagy borda többszörös menetben övezi körül a testet. A morphologiai csavarmentességet a valóban gyakorolt csavarpályával összehasonlítva, itt tehát nyilvánvaló, hogy a kettő között okozati összefüggés nem állhat fenn.

d) A csavarmentes mozgásforma valamennyi csillós szervezetre általános jellemző, viszont az egész testre kiterjeszkedő csavarmentes külalakkal csak szórványosan és akkor is minden törvényszerűség nélkül találkozunk.

e) Az egyszersmindenkorra megszabott alkatbéli csavarmentességgel szemben rá kell mutatnunk a Csillósok változatos mozgásformáira s hangsúlyoznunk kell azt a tényt, hogy szabályos csavarmentes mozgás esetén is gyakorta változtatja a csillós szervezet forgási irányát: különböző meredekségű lehet a csavarpálya lejtése, sőt az állat gyakorta a megkezdett forgási irányból az épen ellenkező értelmű sodrásba csap át (lásd GELEI 1934).

f) A gyors mozgásukról közismert Csillósok teste nem vesz fel fúró formát, hanem alkatukkal a szabályos, síma felületű orsó vagy könnyecsepp formához állanak legközelebb (*Didinium*, *Actinobolina*, *Halteria*, *Cyclidium*, *Cristigera*, *Ophryoglana*-félék stb.).

Kivételes elbírálás alá esnek az aljzaton csúszómászó életmód következtében valamilyen irányban összenyomott s a szabad víztérben csak átmenetileg helyüket változtató formák. Ezeknél a mozgásformának megfelelően csavarszerűen meggörbült lemezszerű test a szabad víztérben a súrlódást s így a káros közegellenállást nagymértékben csökkenti. — Minden más esetben azonban, midőn a Csillósok szabályos és síma testfelszínét megzavaró alkatmódosulást tapasztalunk, annak kiváló okát nem mozgásmechanikai, hanem egyéb tényezőkben ismerjük fel.

A helyváltoztatás szempontjából részben káros, bizonyos élettevékenységek szempontjából azonban hasznos alkatmódosulás léphet fel a Ciliata testen:

1. A támasztás, a testforma stabilitásának biztosítása érdekében, midőn pellikuláris tarajok hálózakká be bordák módjára az egész testfelszínt. Ez a tarajozottság elsődleges és egyben leggyakoribb megnyilvánulásában hosszanti irányítottságú, de másodlagosan, élettani rendeltetésének tökéletesebb

szolgálata érdekében bizonyos kivételes esetekben, hol a test stabilitásának fokozottabb biztosítására volt szükség, csavarmentes lefutást vehet fel, könnyen belátható célszerűségi okokból. Ha azonban a testfelületi csavarmentes bordázat, ill. tarajosottság a helyváltoztatásmódtól teljesen függetlenül lépett is fel, ez még nem jelenti azt, hogy a morphologiai csavarmenetek lejtés és irányítottság szempontjából a lehetőség szerint ne igazodjanak a gyakoribb mozgásformához és forgásirányhoz.

2. A táplálékfelvétel érdekében, amikor is a praestomális testfelület tökéletesebb kihasználása érdekében valamennyi örvényszerv és praestomális csatorna csavarmentes lefutásban kanyarodik a szájhoz s így a tápláléksodró, ill. felfogó szerv hosszában mintegy megnyúlik. A csavarmentes örvényszerv célszerűségi okokból a véglényszervezet gyakoribb forgási irányára eleve közel 90° -os hajlással, tehát pontosan ellenkező lefutással képződik ki, mert csak ebben az esetben ütközik a praestomium egész terjedelmével állandóan új meg új víztömegnek. Az örvényszervek és praestomális teknők lefutásának megértéséhez nincs tehát szükségünk forgásinverziót feltételező mozgásmechanikai magyarázatokra.

3. De előnyös lehet a csavarmentes alkat felvétele más okból is. A Vorticella- és Spirostomum-félék esetében pl. a nyélnek ill. az egész testnek összerándulása legkönnyebben és legtökéletesebben úgy érhető el, ha azok rugószerűen megcsavarodnak. Ennek érdekében a kontrakciót előidéző izomszalagok eleve csavarmentes lefutásúak.

Irodalom — Literatur.

- Alverdes, F. (1925):* Spezielle Physiologie der Flimmer u. Geißelbewegung. Hdb. d. norm. u. pathol. Physiologie. Bd. 8.
- Bullington, W. E. (1925):* A study of spiral movement in the Ciliate Infusoria. Arch. f. Protistenk. Bd. 50.
- Doflein-Reichenow (1927/29):* Lehrbuch der Protozoenkunde. 5. Aufl. Jena.
- Gelei, J. v. (1926):* Cilienstruktur und Cilienbewegung. Verh. d. Deutsch. Zool. Gesel. Jahresvers. zu Kiel. Bd. 31.
- Gelei, J. v. (1928):* Zum physiologischen Formproblem der Wasserorganismen. Arch. Bal. II.